

Setting Proteksi Transformator 30 MVA Di Gardu Induk Batu Besar 150/20 KV PT. B'RIGHT PLN Batam Dengan Menggunakan Software ETAP

Reza Al Mattin*, Firdaus**

*Teknik Elektro Universitas Riau **Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau
Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293
Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau
Email: mattinrezaal@gmail.com

ABSTRACT

This study aimed to obtain the optimum setting and should be of 30 MVA transformer protection system at Gardu Induk Batu Besar PT B'RIGHT PLN Batam. This study uses the method of observation, which was to determine the object to be studied to make the setting protection 30 MVA transformer in Gardu Induk Batu Besar PT. B'RIGHT PLN Batam. With the data obtained as one line distribution network diagram (SUTM) Gardu Induk Batu Besar PT. B'RIGHT PLN Batam along with data CB, transformers, relays OCR specifications and GFR and tuning the existing condition of the relay, and additional data that support for this thesis as the daily load data and others. From the calculation results with existing data in the field is still in appropriate conditions (the difference is not too much), so that it can be concluded that the overall setting of the OCR and GFR that is in the field is still in good condition. OCR for setting relays and GFR in the feeder has approximately the same value where TMS for OCR and GFR respectively 0,15s 0,134s in calculations and in the field to OCR, and 0,104s in calculations and in the field to the GFR 0,1s , But there setting relay is no longer appropriate that the relay setting and GFR OCR on incoming side, where TMS and TMS = 1,5s = 1,2s in other words if there is a short circuit fault then the relay will take a long time to work with the value of $t = 5,255s$. So setting relays OCR and GFR incoming side that is in the field must be set back.

Keywords: protection setting, OCR, GFR

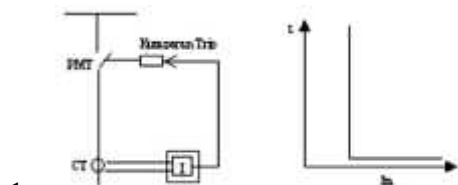
I. PENDAHULUAN

Jaringan distribusi 20 kV yang digunakan oleh PT. B'RIGHT PLN Batam untuk mendistribusikan tenaga listrik ke konsumen sama sekali tidak bebas dari gangguan hubungan singkat. Setiap kali terjadi gangguan hubung singkat di sisi penyulang, secara teknis akan terjadi penurunan tegangan 20 kV sampai beberapa persen dari nilai nominalnya. Arus gangguan terbesar terjadi pada daerah bus 20 kV, hal ini menyebabkan terjadinya pemadaman yang meluas sebagai akibat dari tidak bekerjanya proteksi utama. Sehubungan dengan permasalahan diatas, penulis melakukan

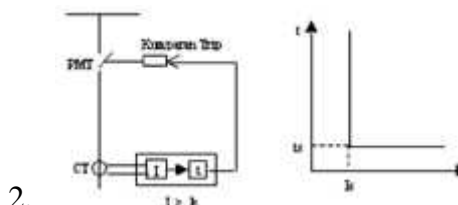
analisis mengenai penyetelan proteksi transformator 30 MVA di Gardu Induk Batu Besar PT. B'RIGHT PLN Batam dengan tujuan untuk mendapatkan penyetelan yang optimal dan sebaiknya dari sistem proteksi transformator ini khususnya mengenai penyetelan OCR dan GFR. Transformator adalah suatu alat listrik statis yang berfungsi merubah tegangan guna penyaluran daya listrik dari suatu rangkaian ke rangkaian yang lain melalui gandengan magnet berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik. (Badaruddin, Budi Wirawan. 2014)

Relai arus lebih bekerja berdasarkan adanya kenaikan arus yang melebihi suatu nilai pengaman yang telah ditentukan dan dalam jangka waktu yang telah ditetapkan. Relai arus lebih akan *pick up* jika besar arus melebihi nilai *penyetelan*. Pada proteksi transformator daya, relai arus lebih digunakan sebagai tambahan bagi relai differensial untuk memberikan tanggapan terhadap gangguan luar. Relai ini digunakan untuk mengamankan peralatan terhadap gangguan hubung singkat antar fasa, hubung singkat satu fasa ke tanah dan beberapa hal dapat digunakan sebagai pengaman beban lebih. (Irfan Affandi, 2009)

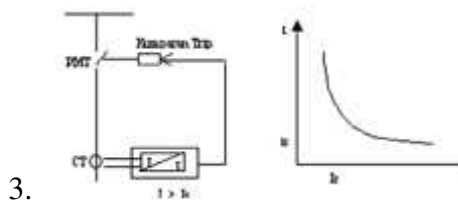
Jenis Relai OCR Berdasarkan Karakteristik Waktu:



1. Gambar 1 Karakteristik relai arus lebih waktu seketika



2. Gambar 2 Karakteristik relai arus lebih waktu tertentu



3. Gambar 3 Karakteristik relai arus lebih waktu terbalik

Karakteristik relai arus lebih waktu terbalik memiliki karakteristik yang berbeda-beda, karakteristik waktunya dibedakan dalam 4 kelompok yaitu:

$$1. \quad t = \frac{0,14}{\left[\frac{I_{hs}}{I_{set}} \right]^{0,02} - 1} .TMS$$

$$2. \quad t = \frac{13,5}{\left[\frac{I_{hs}}{I_{set}} \right]^2 - 1} .TMS$$

$$3. \quad t = \frac{80}{\left[\frac{I_{hs}}{I_{set}} \right]^2 - 1} .TMS$$

$$4. \quad t = \frac{120}{\left[\frac{I_{hs}}{I_{set}} \right] - 1} .TMS$$

Dimana:

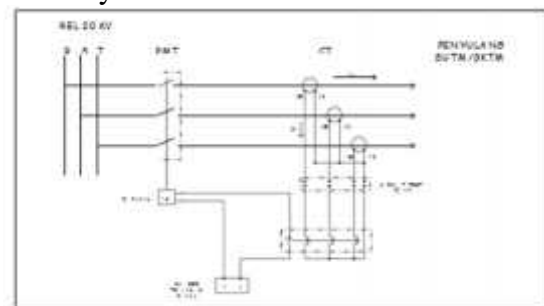
t = waktu rele kerja dengan (s)

I_{hs} = arus hubung singkat (A)

I_{set} = arus setelan rele (A)

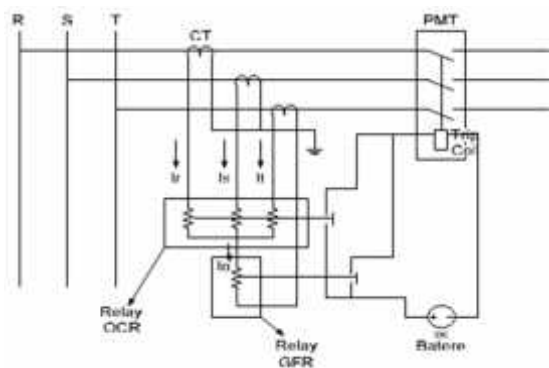
TMS = Time Multiple *Setting/Time Dial*

Prinsip kerja OCR adalah berdasarkan adanya arus lebih yang dirasakan relai, baik disebabkan adanya gangguan hubung singkat atau beban lebih untuk kemudian memberikan perintah trip ke PMT sesuai dengan karakteristik waktunya.



Gambar 4 Rangkaian Pengawatan OCR

Relai hubung tanah adalah suatu relai yang bekerja berdasarkan adanya kenaikan arus yang melebihi suatu nilai *penyetelan* pengaman tertentu dan dalam jangka waktu tertentu bekerja apabila terjadi gangguan hubung singkat fasa ke tanah. Pada kondisi normal beban seimbang I_r, I_s, I_t sama besar, sehingga pada kawat netral tidak timbul arus dan GFR tidak dialiri arus. Bila terjadi ketidak seimbangan arus atau terjadi gangguan hubung singkat ke tanah, maka akan timbul arus urutan nol pada kawat netral, sehingga GFR bekerja. (Irfan Affandi, 2009)



Gambar 5 Rangkaian Pengawatan GFR

Hubung singkat adalah fenomena mengalirnya arus listrik dari potensial yang lebih tinggi ke potensial yang lebih rendah, baik secara langsung maupun dengan melalui hambatan yang sangat kecil, sehingga hambatan dapat diabaikan. Fenomena ini dapat terjadi karena kesalahan teknis, seperti rusaknya isolasi kabel, maupun karena pengaruh alam seperti petir, gempa, hujan, atau kontak antara kabel saluran dengan tumbuhan. (Fajar Pranayuda, Achmad Solicham, M.Toni Prasetyo. 2012)

Untuk menghitung arus gangguan hubung singkat diperlukan beberapa tahap, yaitu sebagai berikut:

1. Menghitung impedansi

a. Impedansi sumber

$$X_s = \frac{kV^2}{MVA} \dots\dots\dots(1)$$

b. Impedansi Transformator

$$X_t(pada 100\%) = \frac{kV^2}{MVA} \dots\dots\dots(2)$$

Selanjutnya mencari nilai reaktansi transformator:

- Reaktansi urutan positif dan negatif ($X_{t1} = X_{t2}$)
- Reaktansi urutan nol (X_{t0})

c. Impedansi Penyulang

- urutan positif dan negatif $z_1 = z_2 = \% \text{ panjang} \times \text{panjang penyulang}$
- $z_0 = \% \text{ panjang} \times \text{panjang penyulang}$

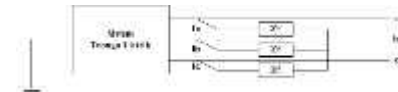
d. impedansi ekivalen jaringan

- urutan positif dan negatif $z_{1eq} = z_{2eq} = z_{s1} + z_{t1} + z_1(\text{penyulang})$

- urutan nol $z_{0eq} = z_{t0} + 3R_N + z_0(\text{penyulang})$

2. Menghitung arus hubung singkat

a. Gangguan hubung singkat 3 fasa

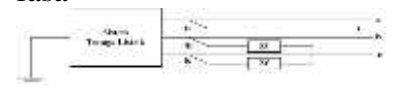


Gambar 6 Gangguan Hubung Singkat 3 Fasa

Sehingga arus gangguan hubung singkat tiga fasa dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$I_{3 \text{ fasa}} = \frac{V_{ph}}{Z_{1eq}} \dots\dots\dots(3)$$

b. Gangguan hubung singkat 2 fasa

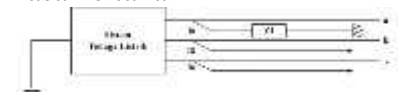


Gambar 7 Gangguan Hubung Singkat 2 Fasa

Sehingga arus gangguan hubung singkat tiga fasa dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$I_{2 \text{ fasa}} = \frac{V_{ph-ph}}{2 \times z_{1eq}} \dots\dots\dots(4)$$

c. Gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah



Gambar 8 Gangguan Hubung Singkat 1 Fasa

Sehingga arus gangguan hubung singkat tiga fasa dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$I_{1 \text{ fasa}} = \frac{3 \times V_{ph}}{2 \times z_{1eq} + z_{0eq}} \dots\dots\dots(5)$$

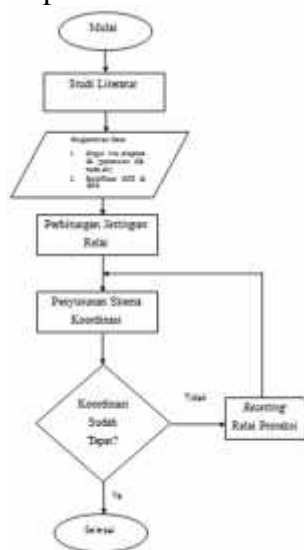
ETAP (*Electric Transient and Analysis Program*) merupakan suatu perangkat lunak yang mendukung sistem tenaga listrik. Perangkat ini mampu bekerja dalam

keadaan *offline* untuk simulasi tenaga listrik, *online* untuk pengelolaan data *real-time* atau digunakan untuk mengendalikan sistem secara *real-time*. ETAP dapat digunakan untuk membuat proyek sistem tenaga listrik dalam bentuk diagram satu garis (*one line diagram*) dan jalur sistem pentanahan untuk berbagai bentuk analisis, antara lain: hubung singkat dan koordinasi relai proteksi. (Awaluddin, 2007)

II. METODE PENELITIAN

Pada bab ini akan dijabarkan tahap-tahap dalam melakukan penyetelan proteksi transformator 30 MVA di Gardu Induk Batu Besar PT. B'RIGHT PLN Batam. Pada penelitian ini digunakan metode observasi. Studi literatur sebagai langkah awal digunakan untuk menambah wawasan tentang penyetelan proteksi transformator. Penelitian dimulai dengan mengumpulkan data *One line diagram* jaringan distribusi (SUTM) GI Batu Besar PT. B'RIGHT PLN Batam beserta data-data CB, transformator, dan lain-lain. Kemudian dilanjutkan dengan spesifikasi relai-relai (OCR dan GFR) serta penyetelan kondisi *existing* dari relai tersebut serta data-data tambahan yang mendukung untuk skripsi ini seperti data beban harian dan lain-lain.

Langkah kerja penelitian ini, ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9 Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini dimulai dengan studi literatur untuk mencari literatur-literatur dari berbagai thesis, skripsi, dan jurnal-jurnal ilmiah untuk mendalami konsep penyetelan proteksi transformator. Peneliti kemudian mengumpulkan data *One line diagram* jaringan distribusi (SUTM) GI Batu Besar PT. B'RIGHT PLN Batam beserta data-data CB, transformator, dan lain-lain. Kemudian dilanjutkan dengan spesifikasi relai-relai (OCR dan GFR) serta penyetelan kondisi *existing* dari relai tersebut serta data-data tambahan yang mendukung untuk skripsi ini seperti data beban harian dan lain-lain. Dalam melakukan penyetelan proteksi transformator 30 MVA ini dipergunakan *software* ETAP 7.5.0.

2.1 Pengolahan Data

2.1.1 Karakteristik GI Batu Besar

Di GI Batu Besar terdapat 2 unit transformator daya dengan tegangan kerja 150/20 kV. Dimana masing-masing transformator memiliki kapasitas (1 unit 60 MVA dan 1 unit 30 MVA). Dalam penulisan skripsi ini penulis akan membahas penyetelan pada proteksi transformator 30 MVA yaitu transformator 2 saja.

2.1.2 Teknik Analisis Data

Perhitungan gangguan hubung singkat ini dihitung besarnya berdasarkan panjang penyulang, yaitu diasumsikan terjadi di 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% penyulang-penyulangannya. (Irfan Affandi, 2009)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dijelaskan perhitungan arus gangguan hubung singkat (3 fasa, 2 fasa, dan 1 fasa ke tanah) dan penyetelan OCR dan GFR (setelan arus dan setelan TMS) serta analisa keduanya. Setelah itu akan disimulasikan, dan hasil *running* program penyetelan proteksi transformator menggunakan ETAP berdasarkan *single line diagram* dari PLN. Penulis juga

menampilkan simulasi gangguan serta menampilkan kurva OCR dan GFR, selain itu untuk melihat penyetelan yang optimal dari sistem ini penulis membandingkan hasil *running* program dengan hasil perhitungan secara manual.

3.1 Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat

3.1.1 Impedansi Sumber

MVA hubung singkat

$$= I_{sc} \times (150 \text{ kV} \times \sqrt{3})$$

$$= 12 \text{ kA} \times (150 \text{ kV} \times \sqrt{3})$$

$$= 3,117 \text{ MVA}$$

Maka impedansi sumber (X_s) adalah:

$$X_s(\text{sisi } 150 \text{ kv}) = \frac{150^2}{3,117} = 7,21 \text{ ohm}$$

Untuk mengetahui impedansi di sisi sekunder, yaitu di bus sisi 20 kV maka:

$$X_s(\text{sisi } 20 \text{ kv}) = \frac{20^2}{150^2} \times 3,117 = 0,055 \text{ ohm}$$

3.1.2 Reaktansi Transformator

Besarnya reaktansi transformator₂ di GI Batu Besar adalah:

$$X_t(\text{pada } 100\%) = \frac{20^2}{30} = 13,333 \text{ ohm}$$

Nilai reaktansi transformator tenaga:

- Reaktansi urutan positif dan negatif ($X_{t1} = X_{t2}$)

$$X_t = 12,39\% \times 13,333 = 1,651 \text{ ohm}$$

- Reaktansi urutan nol (X_{t0})

Karena transformator daya ini memiliki belitan YNYn0 yang tidak mempunyai belitan delta di dalamnya, maka besaran X_{t0} berkisar antara 9 s/d 14 x X_{t1} , perhitungan ini diambil nilai X_{t0} lebih

kurang 10 x X_{t1} . Jadi $X_{t0} = 10 \times 1,651 = 16,51 \text{ ohm}$.

3.1.3 Impedansi Penyulang

Tabel 1 Hasil Perhitungan Impedansi Penyulang

Panjang penyulang (%)	Impedansi Penyulang		
	Urutan + (ohm)	Urutan - (ohm)	Urutan 0 (ohm)
0	0	0	0
25	0,156 + j0,121	0,156 + j0,121	0,343 + j0,036
50	0,312 + j0,242	0,312 + j0,242	0,687 + j0,072
75	0,468 + j0,363	0,468 + j0,363	1,031 + j0,108
100	0,625 + j0,485	0,625 + j0,485	1,375 + j0,145

3.1.4 Impedansi Ekvivalen Jaringan

Tabel 2 Hasil Perhitungan Impedansi Ekvivalen Jaringan

Panjang penyulang (%)	Impedansi Penyulang		
	Z1eq (ohm)	Z2eq (ohm)	Z0eq (ohm)
0	0 + j1,706	0 + j1,706	36 + j16,51
25	0,156 + j1,827	0,156 + j1,827	36,343 + j16,546
50	0,312 + j1,948	0,312 + j1,948	36,687 + j16,582
75	0,468 + j2,069	0,468 + j2,069	37,031 + j16,618
100	0,625 + j2,191	0,625 + j2,191	37,375 + j16,655

3.1.5 Arus Gangguan Hubung Singkat

1. Gangguan Hubung Singkat 3 Fasa

%panjang (0%)=

$$\frac{11547}{\sqrt{0^2 + 1,706^2}} = 6768,46A$$

Dengan cara yang sama maka untuk perhitungan arus gangguan hubung singkat tiga fasa pada titik lokasi gangguan yang lain seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

2. Gangguan Hubung Singkat 2 Fasa

%panjang (0%)=

$$\frac{20000}{2x(0 + j1,706)} = \frac{20000}{\sqrt{0^2 + 3,412^2}} = 5861,66A$$

Dengan cara yang sama maka untuk perhitungan arus gangguan hubung singkat tiga fasa pada titik lokasi gangguan yang lain seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

3. Gangguan Hubung Singkat 1 Fasa ke Tanah

%panjang (0%)=

$$\frac{34641,016}{2x(0 + j1,706) + (36 + j16,51)} = 841,93A$$

Dengan cara yang sama maka untuk perhitungan arus gangguan hubung singkat tiga fasa pada titik lokasi gangguan yang lain seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Dengan hasil perhitungan arus gangguan hubung singkat (3 fasa, 2 fasa, 1 fasa ke tanah) dapat digunakan untuk penyetelan OCR dan GFR. Maka dapat dibuat suatu perbandingan besarnya arus gangguan terhadap titik gangguan (lokasi gangguan pada penyulang yang dinyatakan dalam %) dengan menggunakan tabel berikut ini.

Tabel 3 Hasil Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat

Panjang penyulang (%)	Jarak	Arus Hubung Singkat (A)		
		3 Fasa	2 Fasa	1 Fasa
0	0	6768,46	5861,66	841,93
25	1,250	6297,28	5453,60	827,69
50	2,500	5853,02	5068,86	813,90
75	3,750	5443,43	4714,15	800,57
100	5,000	5068,03	4389,04	787,61

3.2 Pemeriksaan Waktu Kerja Relai

1. Tabel 4 Pemeriksaan Waktu Kerja Relai Gangguan 3 Fasa

%Panjang	Waktu Kerja Relai Penyulang	Waktu Kerja Relai <i>Incoming</i>	Selisis Waktu / <i>Grading Time</i>
0%	0,297	0,697	0,4
25%	0,303	0,723	0,42
50%	0,313	0,752	0,439
75%	0,321	0,783	0,462
100%	0,329	0,816	0,487

2. Tabel 5 Pemeriksaan Waktu Kerja Relai Gangguan 2 Fasa

%Panjang	Waktu Kerja Relai Penyulang	Waktu Kerja Relai <i>Incoming</i>	Selisis Waktu / <i>Grading Time</i>
0%	0,313	0,752	0,439
25%	0,321	0,782	0,461
50%	0,329	0,816	0,487
75%	0,339	0,853	0,514
100%	0,348	0,892	0,544

3. Tabel 6 Pemeriksaan Waktu Kerja Relai Gangguan 1 Fasa

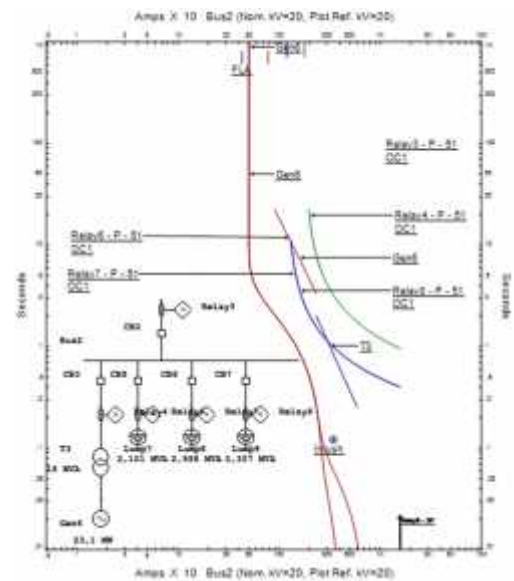
%Panjang	Waktu Kerja Relai Penyulang	Waktu Kerja Relai Incoming	Selisis Waktu / Grading Time
0%	0,299	0,699	0,4
25%	0,302	0,704	0,402
50%	0,304	0,709	0,405
75%	0,306	0,713	0,407
100%	0,308	0,718	0,41

3.3 Perbandingan Hasil Perhitungan Dengan Data di Lapangan

Tabel 7 Perbandingan Hasil Perhitungan Dengan Data di Lapangan

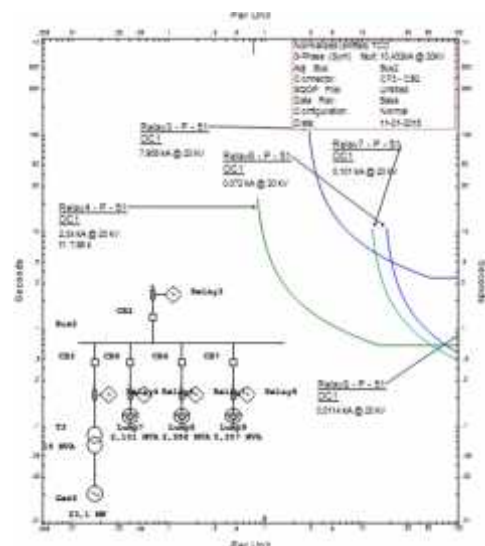
No	Nama Relai	Data Hasil Perhitungan	Data Lapangan
1	OCR (sisi incoming)	TMS = 0,204s Rasio CT = 2500/5 t = 0,697s	TMS = 1,5s Rasio CT = 2500/5 t = 5,225s
2	GFR (sisi incoming)	TMS = 0,266s Rasio CT = 2500/5 t = 0,699s	TMS = 1,2s Rasio CT = 2500/5 t = 5,225s
3	OCR (sisi penyulang)	TMS = 0,134s Rasio CT = 400/5 t = 0,297s	TMS = 0,15s Rasio CT = 400/5 t = 0,475s
4	GFR (sisi penyulang)	TMS = 0,104s Rasio CT = 400/5 t = 0,299s	TMS = 0,1s Rasio CT = 400/5 t = 0,475s

3.4 Kurva OCR dan GFR



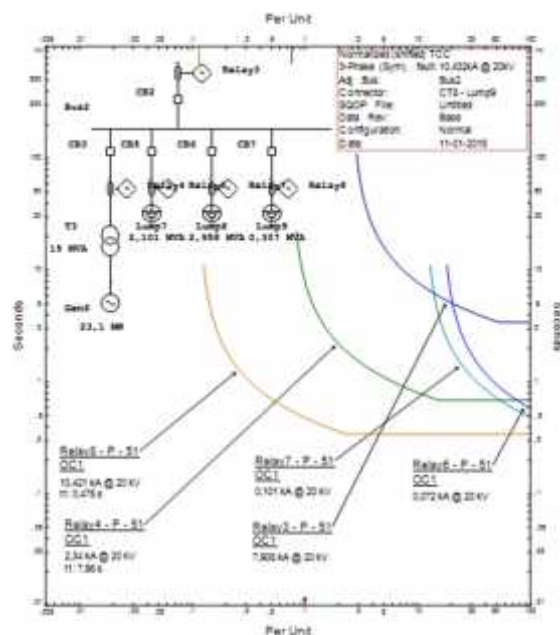
Gambar 10 Kurva Kondisi *Existing* Relai Incoming dan Penyulang Transformator_2

Dengan menganalisa kurva koordinasi pada kondisi *existing* dapat diketahui beberapa kondisi *existing* koordinasi *setting* relai *incoming* atau Relay3 dan penyulang-penyulangnya atau Relay6, Relay7, dan Relay8 seperti terlihat pada kurva koordinasi pengaman kurang sempurna. Terutama pada pengaturan arus *pickup* dan pengaturan waktu kerja di relai *incoming* atau Relay3 yang terlalu lama.



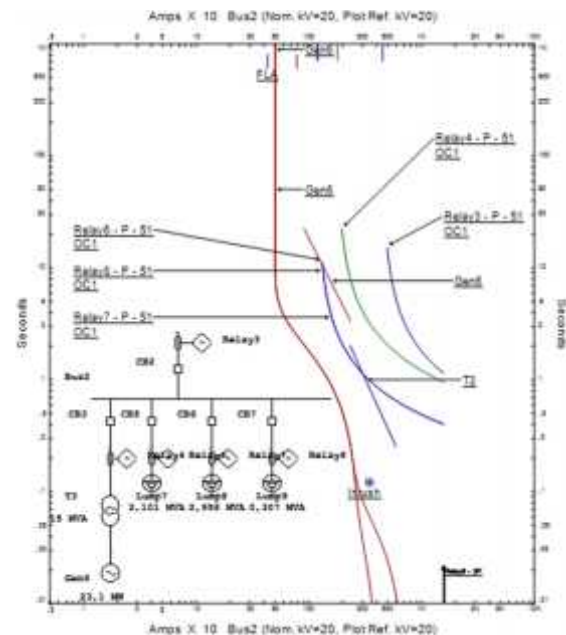
Gambar 11 Kurva OCR dan GFR Kondisi *Existing* Untuk Gangguan 3 Fasa 2 Fasa dan 1 Fasa ke Tanah Pada *Incoming* Transformator_2

Dengan menganalisa kurva OCR dan GFR untuk gangguan hubung singkat 3 fasa, 2 fasa, dan 1 fasa ke tanah pada kondisi *existing* dapat diketahui beberapa kondisi *existing* koordinasi *setting* relai untuk sisi *incoming* pada *Relay3* belum bekerja dan berkoordinasi dengan baik terhadap penyulang-penyulangannya. Hal ini terlihat lamanya waktu yang dibutuhkan *Relay3* untuk *trip*.



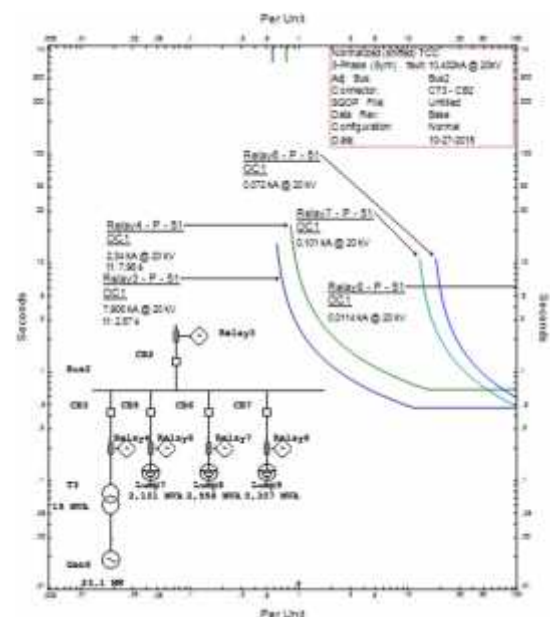
Gambar 12 Kurva OCR dan GFR Kondisi *Existing* Untuk Gangguan 3 Fasa 2 Fasa dan 1 Fasa ke Tanah Pada Penyulang Transformator_2

Dengan menganalisa kurva OCR dan GFR untuk gangguan hubung singkat 3 fasa, 2 fasa, dan 1 fasa ke tanah pada kondisi *existing* dapat diketahui beberapa kondisi *existing* koordinasi *setting* relai untuk sisi penyulang pada *Relay6*, *Relay7*, dan *Relay8* bekerja dan berkoordinasi dengan baik. Tetapi pada *Relay4* dibuat berbeda dengan CT 600/5 dan dengan arus *pickup* dan *setting* waktu kerja karena ada generator di penyulang tersebut.



Gambar 13 Kurva Kondisi *Resetting* Relai *Incoming* dan Penyulang Transformator_2

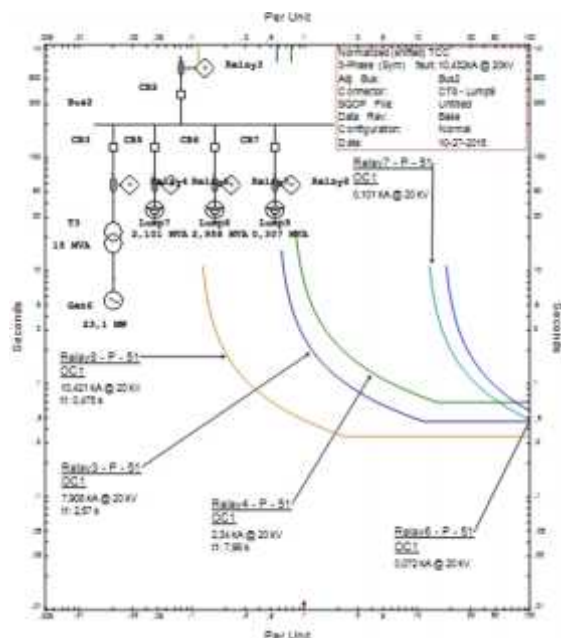
Dengan menganalisa kurva koordinasi pada kondisi *resetting* dapat diketahui beberapa kondisi *resetting* koordinasi *setting* relai *incoming* atau *Relay3* dan penyulang-penyulangannya atau *Relay6*, *Relay7*, dan *Relay8* seperti terlihat pada kurva koordinasi pengaman telah sempurna.



Gambar 14 Kurva OCR dan GFR Kondisi *Resetting* Untuk Gangguan 3 Fasa 2 Fasa

dan 1 Fasa ke Tanah Pada *Incoming* Transformator_2

Dengan menganalisa kurva OCR dan GFR untuk gangguan hubung singkat 3 fasa, 2 fasa, dan 1 fasa ke tanah pada kondisi *resetting* dapat diketahui beberapa kondisi *resetting* koordinasi *setting* relai untuk sisi *incoming* pada *Relay3* bekerja dan berkoordinasi dengan baik terhadap penyulang-penyulangannya. Hal ini terlihat perubahan dari waktu yang dibutuhkan *Relay3* untuk *trip* dan bekerja dengan cepat dan duluan dengan diberi gangguan.



Gambar 15 Kurva OCR dan GFR Kondisi *Resetting* Untuk Gangguan 3 Fasa 2 Fasa dan 1 Fasa ke Tanah Pada Penyulang Transformator_2

Jadi untuk gangguan di penyulang tidak ada masalah yang berarti hanya masalah teknis seperti pergantian relai agar *range* arus *pickup* dan *setting* waktu kerja yang besar dapat dipertimbangkan oleh perusahaan. Untuk gangguan di *incoming* didapatkan kurva koordinasi yang baik setelah di *resetting* dimana setelah di *resetting* di dapatkan *Relay3* untuk *trip* dan

bekerja dengan cepat dan duluan untuk mengatasi gangguan dan tambahan pergantian relai sama seperti di penyulang agar *range* arus *pickup* dan *setting* waktu kerja yang besar dapat lebih efektif dan efisien dalam memproteksi transformator dan penyulang-penyulangannya.

IV KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Hasil perhitungan dengan data yang ada dilapangan masih dalam kondisi yang sesuai (perbedaannya tidak terlalu jauh), sehingga dapat disimpulkan bahwa secara keseluruhan *setting* OCR dan GFR yang ada dilapangan masih dalam kondisi baik. Untuk *setting* relai OCR dan GFR di sisi penyulang memiliki nilai yang kurang lebih sama dimana TMS untuk OCR dan GFR masing-masingnya 0,134s di perhitungan dan 0,15s di lapangan untuk OCR, dan 0,104s di perhitungan dan 0,1s di lapangan untuk GFR. Tetapi ada *setting* relai yang sudah tidak sesuai lagi yaitu *setting* relai OCR dan GFR di sisi *incoming*, dimana TMS = 1,5s dan TMS = 1,2s dengan kata lain jika terjadi gangguan hubung singkat maka relai tersebut akan memerlukan waktu yang lama untuk bekerja dengan adanya nilai $t = 5,255s$. Jadi *setting* relai OCR dan GFR sisi *incoming* yang ada dilapangan harus di *setting* kembali.

4.2 Saran

Rekomendasi mengganti relai yang mempunyai *range* arus *pickup* dan *setting* waktu kerja yang besar dalam hal ini penulis menyarankan relai yang harus diganti relai di sisi *incoming* dan sisi penyulang.

Daftar Pustaka

- Gonen, Turan. 1988. *Modern Power System Analysis*, John Wiley And Sons Inc, Canada.
- Stevenson, Jr. William D. 1994. *Analisa Sistem Tenaga*, Terjemahan Ir.Kamal Idris, Erlangga, Cetakan keempat, Jakarta.
- Badaruddin, Budi Wirawan. 2014. *Setting Koordinasi Over Current Relay Pada Trafo 60 MVA 150/20 kV dan Penyulang 20 kV*. Jurnal Sinergi. Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana Jakarta, Jakarta.
- Susi Irmalawati, P. 2014. *Studi Pengaruh Beban Lebih Terhadap Kinerja Relai Arus Lebih Pada Transformator Daya*. Skripsi Sarjana, Fakultas Teknik, Universitas Maritim Raja Ali Haji, Tanjung Pinang.
- Sugeng, Priyono. 2013. *Koordinasi Sistem Proteksi Trafo 30 MVA Di Gardu Induk 150 KV Krapyak*. Skripsi Sarjana, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Fajar Pranayuda, Achmad Solicham, M.Toni Prasetyo. 2012. *Analisis Penyetelan Proteksi Arus Lebih Penyulang Cimalaka Di Gardu Induk 70 KV Sumedang*. Jurusan Teknik Elektro. Jurnal Media Elektrika. Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Semarang, Semarang.
- Rize, Taufiq Ramadhan. 2014. *Studi Koordinasi Sistem Pengaman Penyulang Trafo IV Di Gardu Induk Waru*. Skripsi Sarjana, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Malang.
- Eka, Setya Laksana. 2010. *Analisis Koordinasi Sistem Pengaman Incoming dan Penyulang Transformator 3 Di GI Sukolilo Surabaya*. Skripsi Sarjana, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.
- Ade Wahyu Hidayat, Herri Gusmedi, Lukmanul Hakim, Dikpride Despa, 2013. *Analisa Setting Rele Arus Lebih dan Rele Gangguan Tanah Pada Penyulang Topan Gardu Induk Teluk Betung*. Jurusan Teknik Elektro. Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro. Fakultas Teknik, Universitas Lampung, Bandar Lampung.
- Irfan, Affandi. 2009. *Analisa Setting Relai Arus Lebih dan Relai Gangguan Tanah Pada Penyulang Sadewa Di GI Cawang*. Skripsi Sarjana, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Depok.
- Cotetan, 2015. *Pengenalan ETAP*. [Online] Available at: <http://hanool.blogspot.co.id/2013/09/pengenalan-etap.html> [Accessed 26 October 2015]
- Ha. Ge, 2015. *Relai Arus Lebih*. [Online] Available at: <http://dunia-listrik.blogspot.com/2009/07/relay-arus-lebih.html> [Accessed 29 March 2015]

